Ökoklimatische Messungen im Rahmen des MaB-Projekts „Hohe Tauern“

Von ALEXANDER CERNUSCA, Institut für Allgemeine Botanik, Universität Innsbruck

Mit 7 Abbildungen

(Vorgelegt in der Sitzung der mathem.-naturw. Klasse am 20. März 1975 durch das k. M. Herbert FRANZ)

1. Meßprogramm und Forschungsablauf der Ökoklimamessungen

Die nachfolgende Darstellung von Programm, Forschungsablauf und Instrumentierung der bioklimatischen Untersuchungen wurde auf Grund von Erfahrungen im Rahmen des IBP-Projekts ,,Zwergstrauchheide Patscherkofel“ ausgearbeitet (A. CERNUSCA, 1973, LARCHER et al., 1973). Dementsprechend wird vorgeschlagen, die Klimadaten im Rahmen des MaB-6-Projekts ,,Hohe Tauern“ durch ein Standardmeßprogramm, durch ein Intensivprogramm und durch ein Ausweitungsprogramm zu erfassen.

Die meteorologischen Standardmessungen dienen der großflächigen Erfassung des Makro- und Mesoklimas in verschiedenen Höhenzonen der Hohen Tauern (vgl. Beitrag von wiss. Oberrat Dr. E. WEISS). Die Messungen erfolgen durch eine Reihe von Wetterhütten, die mit registrierenden Temperatur- und Luftfeuchtigkeitsmeßgeräten ausgerüstet sind. Die meteorologischen Standardmessungen stellen die meteorologische Bezugsbasis für alle Teilprogramme und weiteren Vorhaben im Rahmen des MaB dar; sie sollen daher über einen längeren Zeitraum (mindestens 5 Jahre) fortgesetzt werden. Ein Anschluß an das regionale meteorologische Stationennetz muß sichergestellt werden.

Das bioklimatische Intensivprogramm soll der mikroklimatischen Feinanalyse an einigen ökologisch besonders interessanten Standorten (Umgebung Wallakhaus) dienen. An diesen Standorten sollten auch die Hauptuntersuchungen der einzelnen Teilprojekte des MaB erfolgen (Primärproduktion, Sekundärproduktion, Stickstoffmineralisierung, Boden etc.). Das Intensiv-

programm soll über eine Datenerfassungsanlage sowie über mehrere Schreiber ablaufen, die in einer Meßgerätehütte geschützt untergebracht und über Leitungen mit Meßfühlern an zwei repräsentativen Standorten verbunden sind.

Im Ausweitungsprogramm sollen im Rahmen von Projektstudien (vgl. Beitrag Dr. A. CERNUSCA „MaB-6-Projekt: Pilotprojekt Alpine Ökosysteme") Messungen mit einer tragbaren Datenerfassungsanlage (A. CERNUSCA, 1971, 1973) an verschieden exponierten Standorten bei typischen Wetterlagen ausgeführt werden. Abb. 1 zeigt den schematischen Aufbau der tragbaren, batteriebetriebenen Datenerfassungsanlage. An die Meßeinrichtung können die gleichen Meßfühler angeschlossen werden, die auch im Intensivprogramm verwendet werden. Durch die große Anzahl von Meßstellenanschlüssen (90) und durch die automatische Datenspeicherung auf Lochstreifen sind eingehende Standortanalysen durchführbar. Die transportable Einrichtung macht es möglich, die im Bereich der Stabilstation „Wallakhaus" gefundenen bioklimatischen Gesetzmäßigkeiten abzusichern und räumlich auf größere, auch schwierig zugängliche, Bereiche des Curvuletum auszuweiten.

2. Das Intensivprogramm

Im Rahmen des MaB-Projekts „Hohe Tauern" werden für das bioklimatische Intensivprogramm zwei Ausbaustufen vorgeschlagen. Die erste Ausbaustufe ermöglicht alle jene Klimaregistrierungen, die für die Interpretation der übrigen Teilprogramme (z. B. Stoffproduktionsanalyse nach der Erntemethode) erforderlich sind. Diese Ausbaustufe sollte international von allen MaB-Projekten jeweils wenigstens an einer besonders interessanten Versuchsfläche realisiert werden. Im Gebirge ist außerdem die große standörtliche Variabilität zu beachten. Im MaB-6-Hochgebirgsprogramm sollte daher in jedem Gebiet, in dem umfangreiche Level-I-Untersuchungen ablaufen, eine Intensivstation (1. Ausbaustufe) errichtet werden. Die zweite Ausbaustufe sieht zusätzliche Meßanordnungen vor. Ziel dieser Zusatzeinrichtungen ist eine vollständige Analyse des Energie- und Wasserhaushaltes des betrachteten Ökosystems. Derartige Untersuchungen sind sehr kostspielig, betreuungsintensiv und können daher nur von einigen MaB-Projekten durchgeführt werden. Bioklimamessungen im Sinne der zweiten Ausbaustufe sind nur dann empfehlenswert, wenn auch die biologischen Untersuchungen entsprechend detailliert

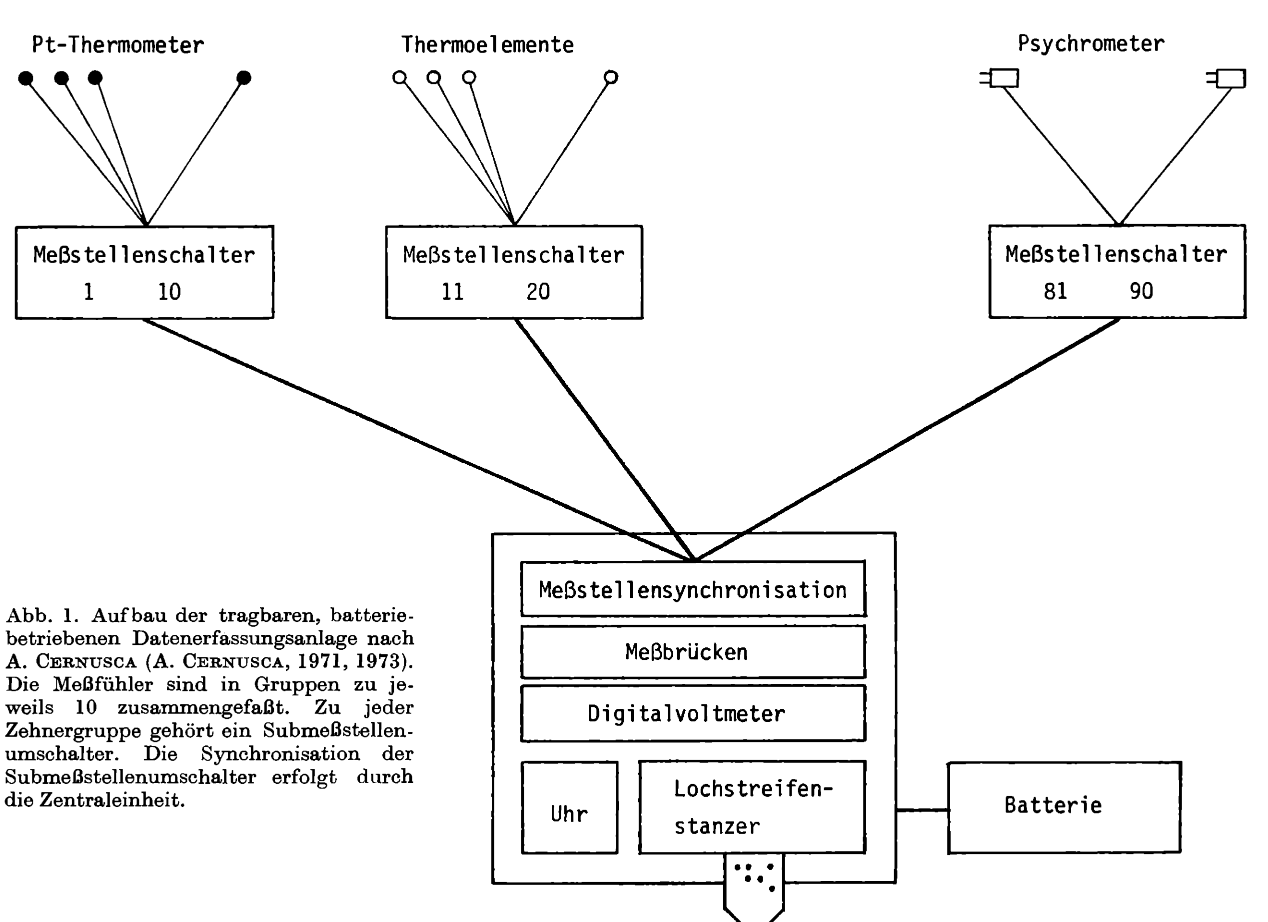


Abb. 1. Aufbau der tragbaren, batteriebetriebenen Datenerfassungsanlage nach A. CERNUSCA (A. CERNUSCA, 1971, 1973). Die Meßfühler sind in Gruppen zu jeweils 10 zusammengefaßt. Zu jeder Zehnergruppe gehört ein Submeßstellenumschalter. Die Synchronisation der Submeßstellenumschalter erfolgt durch die Zentraleinheit.

erfolgen, wie dies z. B. bei Level-3-Analysen der Stoffproduktion geschieht. Es ist daher günstiger im MaB-6-Hochgebirgsprogramm keine Dauerstation im Umfang der 2. Ausbaustufe aufzubauen, sondern die notwendigen Zusatzmessungen in Form von gezielten Kurzzeitmessungen im Rahmen von Projektstudien durchzuführen.

2.1. Vorschlag für erste Ausbaustufe

2.1.1. Anordnung der Meßfühler

Die Intensivstation „Wallakhaus" wird zunächst nur mit Meßfühlern der ersten Ausbaustufe bestückt. Die Anordnung der Meßfühler zeigt Abb. 2. An die automatische Datenerfassungsanlage sind insgesamt 18 Meßfühler angeschlossen:

Hauptmeßplatz „Curvuletum":

Lufttemperatur (200 cm), Bestandestemperatur, Bodenoberflächentemperatur, Bodentemperatur (—10 cm), Temperatur- und Luftfeuchtigkeit in der Wetterhütte, Temperatur in der Verdunstungswanne, Temperatur des Meßfühlers für die Gesamtstrahlung, Wasserniveaufühler in der Verdunstungswanne, Beleuchtungsstärke, einfallende und reflektierte Globalstrahlung, Gesamtstrahlung von Atmosphäre und Bestand (Boden).

Standort „Loiseleurietum":

Beleuchtungsstärke, Bestandestemperatur, Bodentemperatur (—10 cm).

Zur Absicherung der Meßdaten bei eventuellen Meßausfällen der Datenerfassungsanlage werden die wichtigsten Mikroklimafaktoren auch noch mittels elektrischer Schreiber registriert.

2.1.2. Die automatische Datenerfassungsanlage

Zur Meßwertregistrierung wird in erster Linie eine Datenerfassungsanlage mit Meßwertspeicherung auf Lochstreifen eingesetzt, die sich im Rahmen der IBP-Projekte „Hoher Nebelkogel" und „Zwergstrauchheide Patscherkofel" bewährt hat (A. CERNUSCA, 1968, 1973; A. CERNUSCA u. W. MOSER, 1969; LARCHER et al., 1973). Abb. 3 zeigt den Aufbau der Datenerfassungsanlage. Die gesamte Meßeinrichtung wird mit Batterie betrieben, wodurch die Gefährdung durch Blitzschlag wesentlich verringert wird. Die Datenerfassungsanlage hat 20 Meßstellen, 5 verschiedene Typen von Meßfühlern können angeschlossen werden (PT-Widerstandsthermometer, Selenelemente, Pyranometer, Verdunstungswanne). In Abb. 4 ist die Zentraleinheit der Datenerfassungsanlage zu sehen.

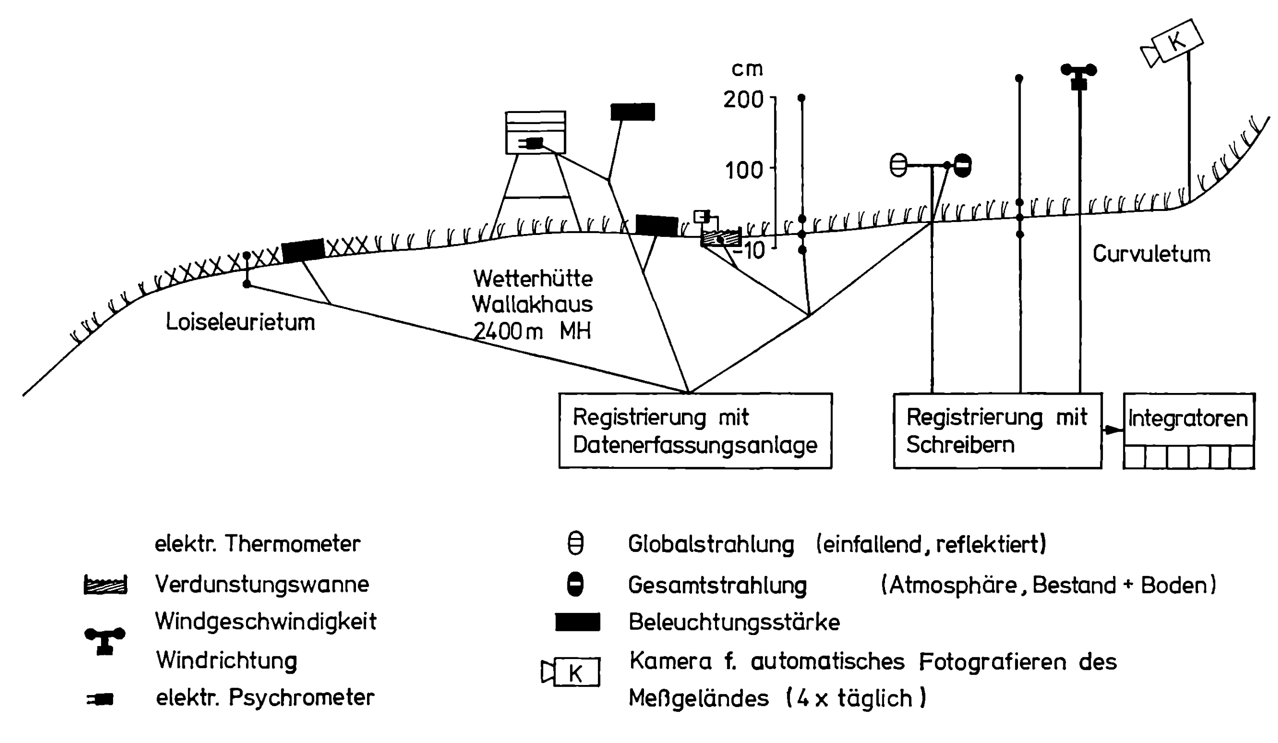


Abb. 2. Anordnung der Meßfühler im Bereich der Intensivstation Wallakhaus. Die dargestellte Meßeinrichtung entspricht der ersten Ausbaustufe.

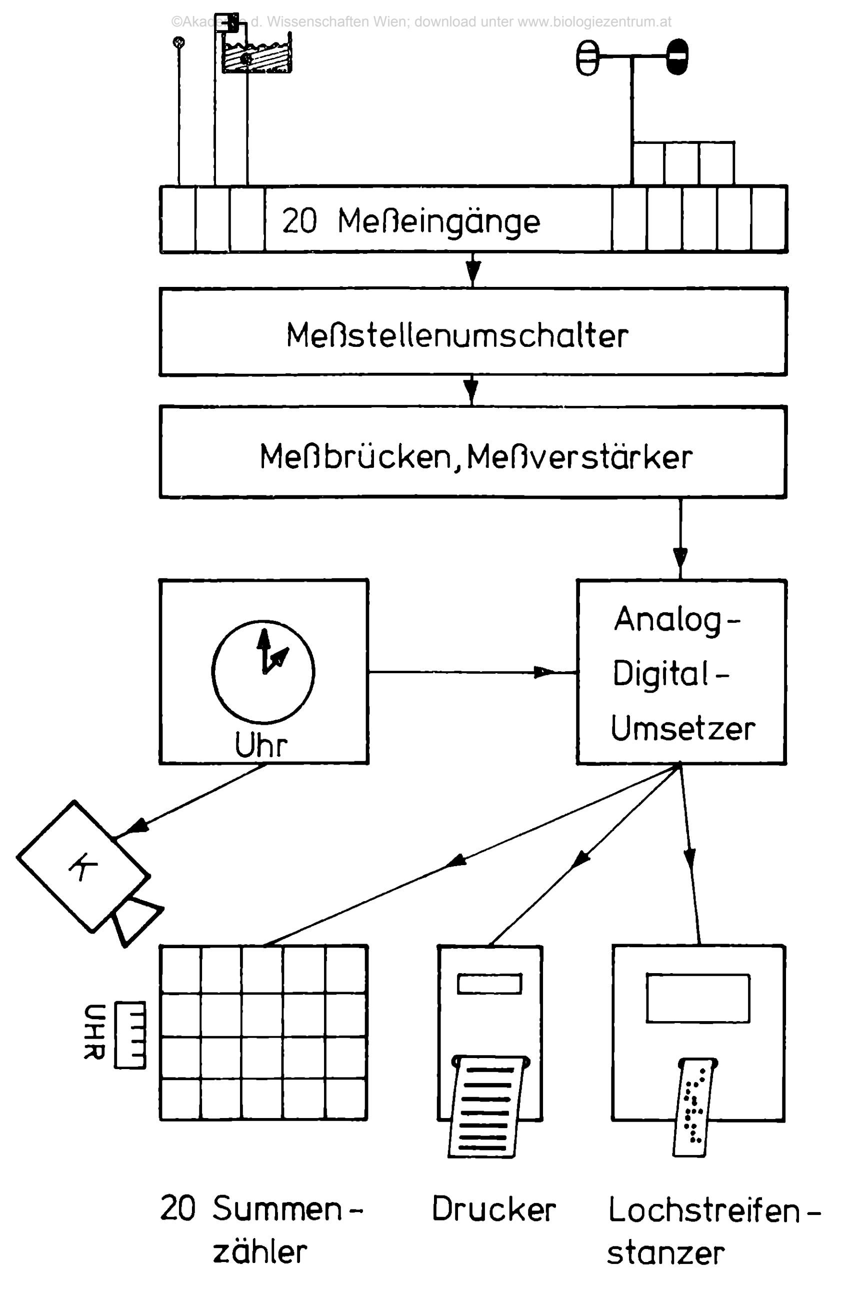


Abb. 3. Aufbau der automatischen Datenerfassungsanlage, erste Ausbaustufe. Ganz oben sind einige Meßfühler schematisch dargestellt. Bezüglich weitere Details siehe Text.

Die Messung und anschließende Registrierung der Meßdaten erfolgt in sogenannten Meßzyklen. Ein Meßzyklus umfaßt die einmalige Messung an allen 20 Meßstellen. Nach Abschluß eines Meßzyklus wird die Anlage automatisch ganz abgeschaltet (kein Stromverbrauch!). Die eingebaute Uhr startet je nach Stellung eines Wahlschalters, alle 10, 15 oder 60 Minuten einen neuen Meßzyklus. Die Meßwertregistrierung erfolgt also nicht kontinuierlich, wie bei einem Schreiber, sondern diskontinuierlich: Es wird pro Meßstelle nur alle 10, 15 oder 60 Minuten jeweils ein Momentanwert erfaßt. Ein Meßintervall von 10 bis 15 Minuten ist für die Berechnung von Tagesmittelwerten für zahlreiche Klimafaktoren ausreichend (A. Cernusca, 1972).

Bei Start eines Meßzyklus wird über den Meßstellenumschalter die erste Meßstelle angewählt. Mit Hilfe der eingebauten Meßbrücken wird das Meßsignal in eine elektrische Spannung umgewandelt, verstärkt und dem Analog-Digital-Umsetzer zugeleitet. Hier wird der Meßwert als Zahl zwischen 0 und 200 dargestellt. Die Registrierung des Meßwertes erfolgt in einem Summenzähler, einem Drucker und einem Lochstreifenstanzer. Dann wird automatisch zur nächsten Meßstelle weitergeschaltet.

Im Summenzähler ist jeder Meßstelle ein Zähler zugeordnet. Die Meßwerte der einzelnen Meßstellen werden hier aufsummiert und mittels einer automatischen Kamera (2 × 8-mm-Film) alle Stunden fotografiert (Stundenmittel). Durch den Drucker wird jeder Einzelmeßwert auf einen Druckstreifen ausgedruckt. Mittels des Lochstreifenstanzers werden die Meßwerte auch auf Lochstreifen gespeichert. Diese Lochstreifen können dann automatisch durch einen Computer ausgewertet werden.

2.2. Vorschlag für zweite Ausbaustufe

2.2.1. Anordnung der Meßfühler

Sollen durch die bioklimatischen Messungen weitergehende Untersuchungen zum Energie- und Massenhaushalt durchgeführt werden, wie z. B. Erfassung des Bodenwärmestromes, Berechnung von Evapotranspiration und Wärmekonvektion aus dem Energieumsatz und/oder aus Windprofilen, Messung der Strahlungsextinktion im Bestand, Messung der Wärmebilanz von Pflanzenteilen usw., so muß die Meßeinrichtung erweitert werden. Eine Meßfühleranordnung für derartige Fragestellungen zeigt Abb. 5.

Es werden nun folgende Faktoren zusätzlich erfaßt:

Das Profil der Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit und Windgeschwindigkeit über dem Bestand (+10, +50 und +200 cm),

das Feinprofil der Lufttemperatur im Bestand, das Profil der Blattemperatur, die Strahlungsverteilung im Bestand, das Profil der Bodentemperatur (—0, —10, —25 und —50 cm), das Profil des Bodenwärmestromes und der Bodensaugspannung in verschiedenen Niveaus, die Evaporation an der Bestandesoberfläche.

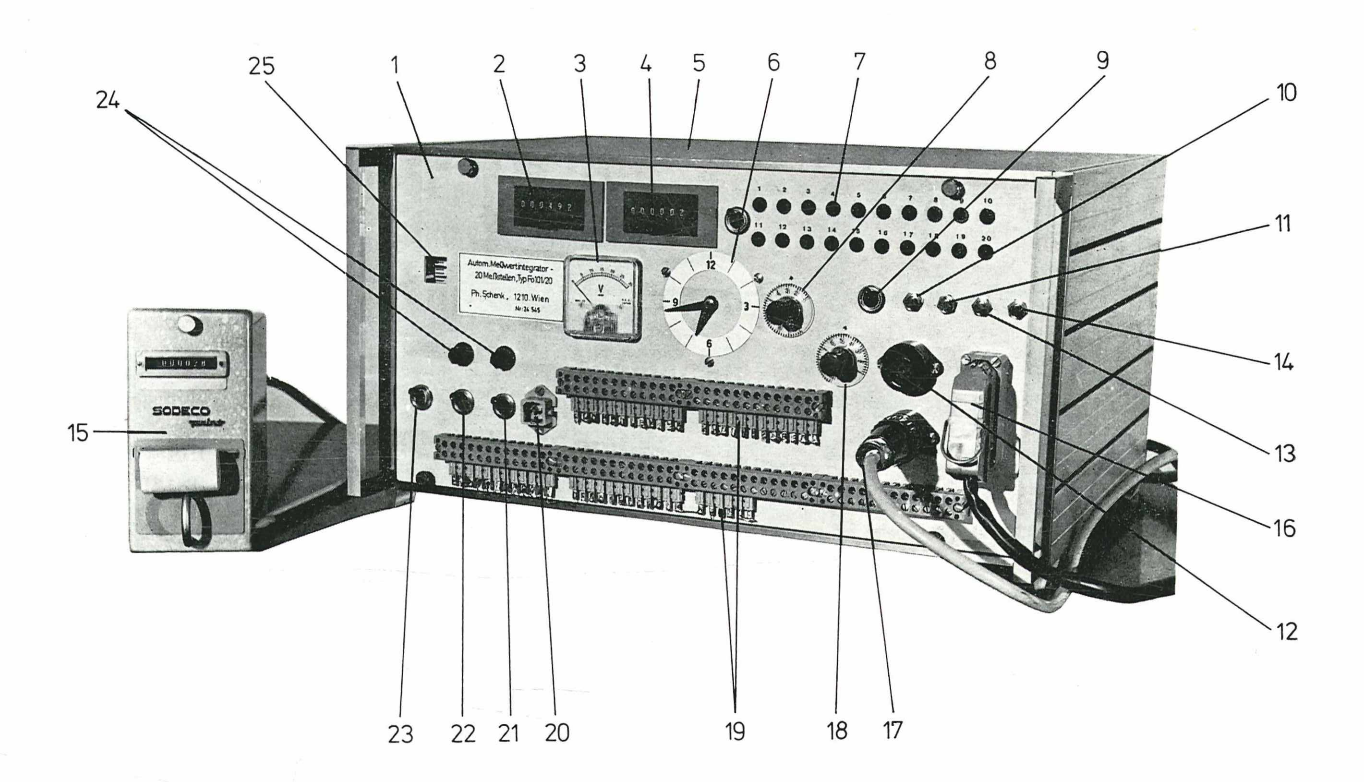
2.2.2. Datenerfassung

Für die zweite Ausbaustufe der Intensivstation muß eine weitere Datenerfassungsanlage mit mindestens 40 Meßstellen vorgesehen werden. Bei Strahlungsmessungen im Bestand sollte mindestens alle zwei Minuten ein voller Meßzyklus erfolgen (A. CERNUSCA, 1972).

Abb. 4. Zentraleinheit der Datenerfassungsanlage nach Ing. G. und Dr. A. CERNUSCA (Type F 0/0101/20, Fa. Schenk, Wien) mit Bedienungselementen.

1 Frontplatte des Integrators
2 Impulskontrollzähler für Eichzwecke
3 Betriebsspannungsprüfer
4 Umlaufzähler zählt die kompletten Meßläufe
5 obere Deckplatte des Integrators
6 Stimmgabeluhr gibt nach 15 Min. einen Schaltimpuls zur Meßstellenablesung und nach 60 Min. einen Impuls zur Fotoregistrierung der Meßdaten über die Impulszähler
7 Meßstellenanzeige mit Leuchtdioden
8 Geschwindigkeitsregler für den Motor des Integrators
9 Kontrollschalter zur Unterbrechung der automatischen Meßstellenfortschaltung
10 händische Meßstellenumschaltung von 1—20 Meßstellen
11 Umschaltung der Meßstellen von 1—10 oder 11—20
12 Stecker für die Kamera
13 Test für die Kameraschaltung
14 Start von Hand
15 Impulsdrucker
16 Stecker für die Fotoregistrierung
17 Stecker für den Impulsdrucker
18 Feinabgleich der Meßbrücke
19 Eingang der 20 Meßstellen
20 Batteriestecker 24 V=
21 Netzeinschaltung
22 Schaltung Aus—Ein des Integrators
23 Netz- oder Batterieumschaltung
24 Sicherungen
25 Impulsanzeige

Stromversorgung Lichtnetz oder	220 V 50 Hz
Stromversorgung Akkumulatoren	24 V 400 mA
Meßkoffer aus Aluminium mit austauschbaren Bauteilen	
Digitale Ablesung der Meßwerte 0 Skalenteile=	20 Impulse
Digitale Ablesung der Meßwerte 100 Skalenteile=	220 Impulse
Impulsgeschwindigkeit	0—20 Impulse/sec.
Normaleinstellung	10 Impulse/sec.
Dauer des Meßlaufes bei 10 Impulse/sec. 20 Meßstellen	ca. 5 Minuten
Meßzeit: Akku 78 Ah	ca. 8—10 Tage
Gewicht	ca. 14 kg


24
25
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
14
13
16
12
15
23
22
21
20
19
18
17
Autom. Meßwertintegrator -
20 Meßstellen, Typ Fo 101/20
Ph. Schenk. 1210. Wien
Nr. 24 545
SODECO

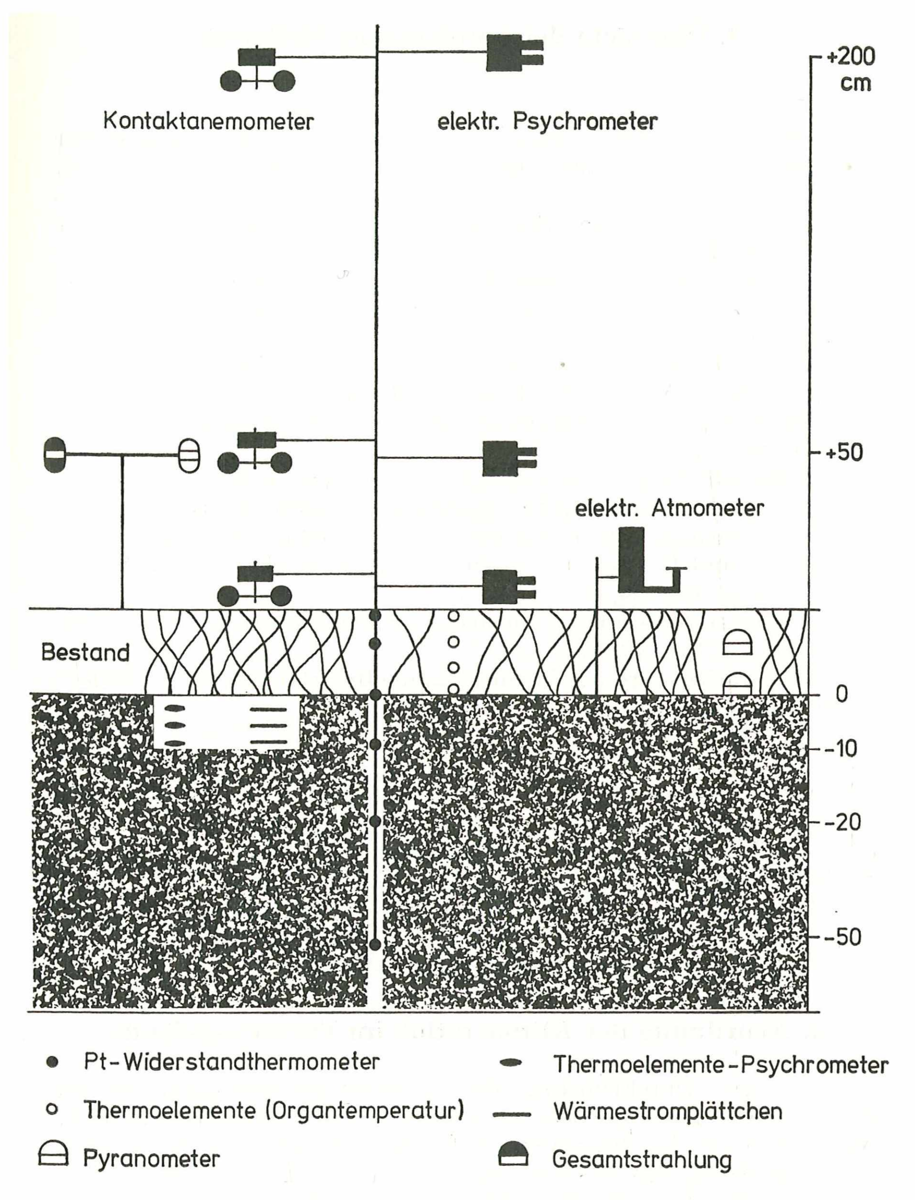


Abb. 5. Anordnung der Meßfühler an einem Intensiv-Meßplatz, zweite Ausbaustufe (nach A. CERNUSCA, 1973).

3. Übersicht der empfohlenen Meßgeräte

3.1. Meßfühler

Strahlung: Sternpyranometer und Gesamtstrahlungsmesser (Strahlungsstrom von oben und von unten getrennt) (Fa. Schenk, Wien).

Beleuchtungsstärke: Selenzelle S 50 mit Platinopalglasfilter (Fa. Lange, Berlin).

Lufttemperatur + Luftfeuchtigkeit: Elektrisches Aspirationspsychrometer (System Frankenberger, System Schenk oder System Cernusca).

Übrige Lufttemperatur, Bodentemperatur: Platinwiderstandsthermometer 100 Ohm (Fa. Heraeus, Hanau).

Blattemperatur: Thermoelemente Kupfer/Konstantan (Fa. Schenk, Wien).

Feinprofil Windgeschwindigkeit: Satz von 6 Kontaktanemometern (Fa. Rauchfuss Instr., Burwood, Victoria, Australien).

Verdunstung: Piche-Atmometer und elektr. Atmometer (A. CERNUSCA und G. CERNUSCA, 1972); automatische Verdunstungswanne nach CERNUSCA.

Bodensaugspannung: Thermoelementpsychrometer (Fa. Wescor, Logan, Utah, USA).

Bodenwärmestrom: Wärmestrommeßplättchen (Fa. Keithley, Pully, Schweiz).

3.2. Registriergeräte

Automatische Datenerfassungsanlage: System Cernusca (Fa. Schenk, Wien).

Tragbare Datenerfassungsanlage: (A. CERNUSCA, 1973), (Fa. Walz, Effeltrich, BRD).

Fotografische Geländebeobachtung: Automatische Kamera (G. CERNUSCA, 1969, 1970).

Bezüglich weiterer Meßgeräte siehe MONTEITH, 1972.

4. Anordnung der Klimastation im Versuchsgelände

Bei der Durchführung des Forschungsprogramms dürfen die Mikroklimameßflächen in keiner Weise verändert werden. Außerdem ist zu beachten, daß die destruktiven Messungen (Erntemethode) das Mikroklima in einem gewissen Umkreis verändern. Um eine Beeinträchtigung der Mikroklimamessungen durch derartige Effekte auszuschließen, wird die Klimameßstation

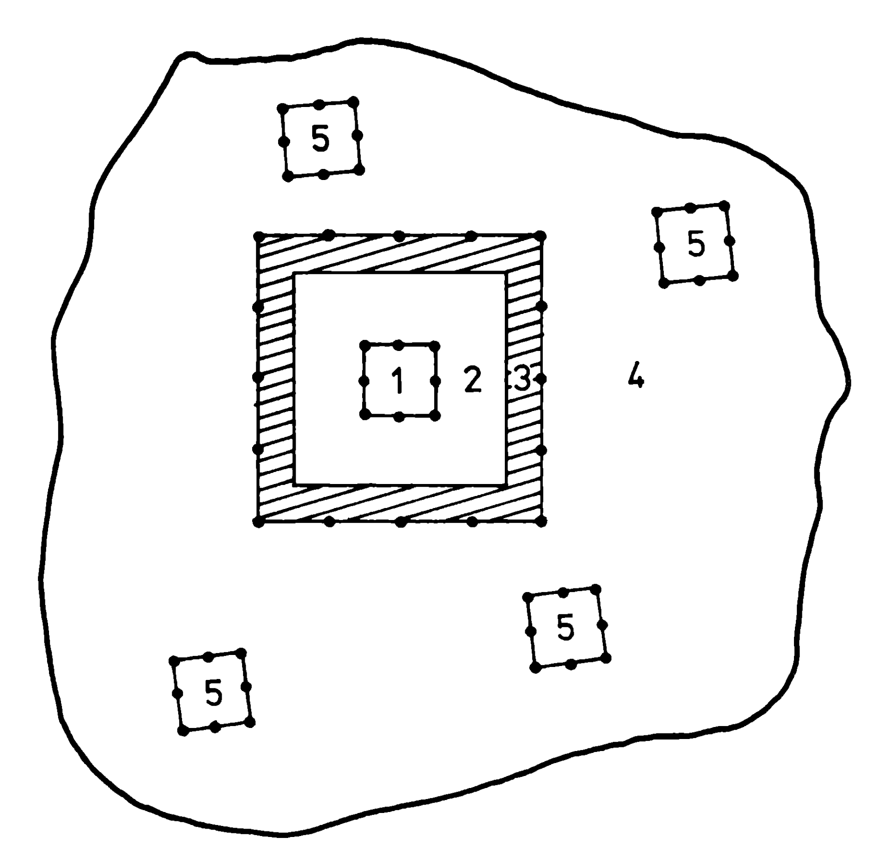


Abb. 6. Anordnung verschiedener Meßflächen im Versuchsgelände (verändert nach NEWBOULD, 1967).

(1) Meteorologische Meßfläche, (2) Fläche für nicht destruktive Untersuchungen, (3) Pufferzone, (4) Fläche für destruktive Analysen (z. B. Erntemethode, (5) verschiedene Probeentnahmeflächen.

in jenem Teil des Versuchsgeländes aufgebaut, in dem keine destruktiven Untersuchungen erfolgen. Abb. 6 zeigt die Aufteilung des Versuchsgeländes in Bereiche für nicht destruktive und für destruktive Messungen:

Meteorologische Versuchsfläche (1): wenigstens 10×10 m, eingezäunt. Der Zaun besteht nur aus einer Markierungsschnur, die 50 cm über dem Boden gespannt ist, so daß eine Störung des Mikroklimas vermieden wird.

Versuchsfläche für nicht destruktive Analysen (2): 0,1 bis 1 ha. Diese Fläche ist für floristische Untersuchungen, CO_2- und H_2O-Gaswechselanalysen und dergl. vorgesehen.

Pufferzone (3): Eine Pufferzone von ca. 10 m Breite umgibt die Versuchsfläche (2), hier erfolgen überhaupt keine Messungen oder Veränderungen. Am Außenrand befindet sich ein Zaun.

Versuchsfläche für destruktive Analysen (4): In diesem Bereich erfolgen die Probenentnahmen nach der Erntemethode.

Die Lage der einzelnen Probeentnahmeflächen (5) wird nach ökologischen Gesichtspunkten im Umkreis der Pufferzone (3) gewählt. Dabei ist zu berücksichtigen, daß im Gebirge eine große mikroklimatische Variabilität auftritt, die durch die orographische Struktur des Geländes bedingt ist.

Die Probeentnahmeflächen sollten daher dieselben orographischen Kennzeichen aufweisen wie die Bioklimameßflächen. Bei weiter entfernten Probeflächen muß die Übereinstimmung des Mikroklimas durch gezielte Messungen bei typischen Wetterlagen (Ausweitungsprogramm!) überprüft werden.

Diesen Überlegungen entsprechend wurde für die Versuchsfläche „Curvuletum" beim Wallakhaus im Sommer 1974 ein Netzplan entworfen und die Fläche außerhalb der „geschützten" meteorologischen und ökophysiologischen Versuchsfläche auf die einzelnen Teilprojekte aufgeteilt (vgl. Beitrag von wiss. Oberrat Dr. E. WEISS).

5. Auswertung der Klimadaten

Grundlage der Datenauswertung bilden die Lochstreifen mit den registrierten Einzelwerten sowie die Stundensummen in den Integratorzählern. Nur im Falle von Meßlücken, von Fehlmessungen oder wenn Interpretationsschwierigkeiten auftreten, wird auf die Schreiberregistrierung zurückgegriffen.

Die Auswertung der Lochstreifen erfolgt durch die Rechenanlage in mehreren Schritten, wobei immer wieder Kontrollen eingeschaltet sind. Die Lochstreifen der Datenerfassungsanlage werden zunächst über einen gewöhnlichen Fernschreiber ausgedruckt. Man erhält so ein erstes Prüfprotokoll, auf dem gröbere Fehler, wie z. B. Stanzfehler, leicht erkannt werden können. Nach dieser groben Vorkontrolle folgt in einem nächsten Schritt die genaue Kontrolle der Datenstreifen durch den Computer selbst. Durch ausgefeilte Prüfprogramme können so auch versteckte Fehler aufgespürt werden. Dann berechnet der Computer

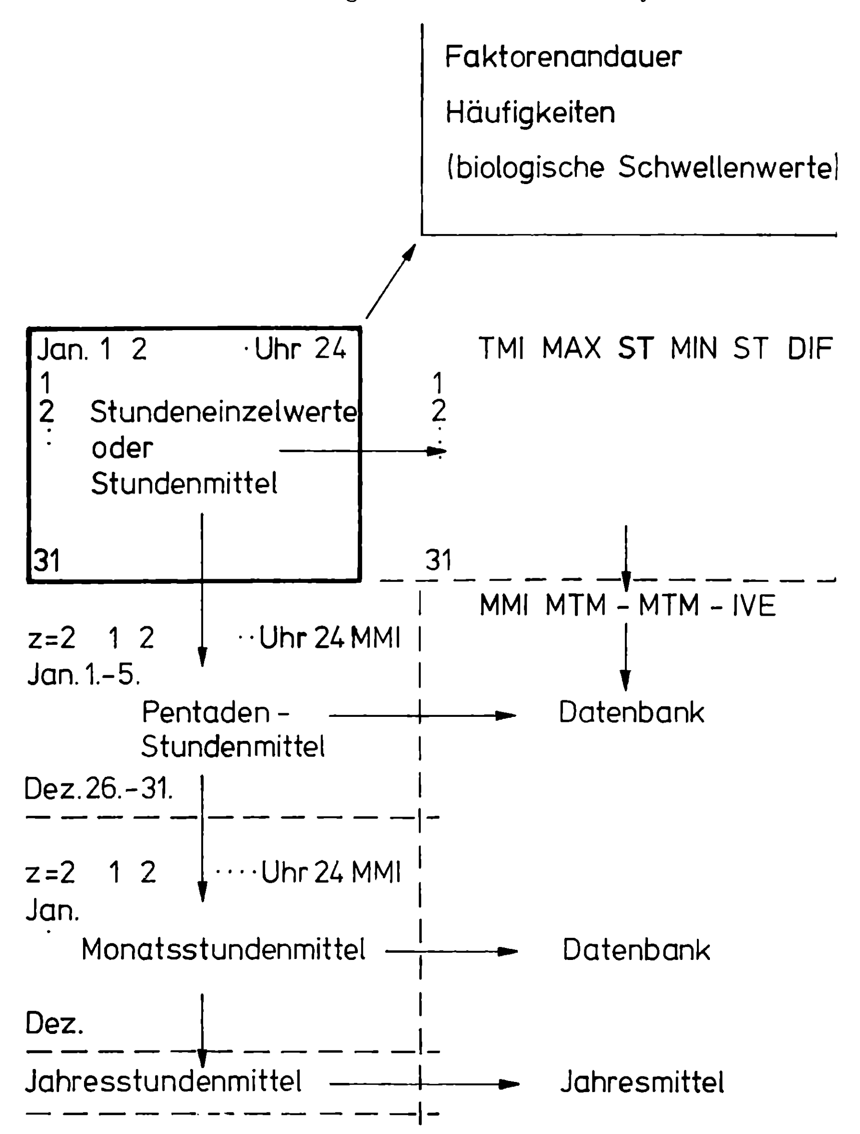


Abb. 7. Ablaufschema der Datenauswertung (verändert nach SCHÖLLMANN, 1968).

TMI = Tagesmittel, MAX = Tagesmaximum, MIN = Tagesminimum, ST = Stunde, wo MAX bzw. MIN auftritt, MMI = Monatsmittel, MTM = mittleres Tagesmaximum bzw. Tagesminimum, IVE = interdiurne Veränderlichkeit.
Bezüglich weiterer Details siehe Text.

aus den Zahlen am Datenstreifen die zugehörigen Meßwerte (z. B. 151 ergibt 15,1°C). Diese Meßwerte werden in Form von Meßprotokollen ausgegeben. Nach einer weiteren Kontrolle werden aus den Meßprotokollen, entsprechend dem Forschungsziel, Extremwerte, Summenwerte, Korrelationen und Häufigkeiten berechnet. Besitzt das Rechenzentrum einen automatischen Zeichentisch, so können einzelne Faktorenverläufe und Auswertungsergebnisse auch graphisch ausgegeben werden. In Abb. 7 sind die einzelnen Schritte der Datenauswertung schematisch dargestellt. Das Ausgangsmaterial bilden die überprüften Stundenmittelwerte bzw. Stundeneinzelwerte (in Abb. 7 stark umrandet).

Waagerecht gemittelt erhält man aus den Stundenmitteln die Tagesmittel, die in der Spalte unter TMI dargestellt sind. Um nicht alle Einzelwerte in der Mittelbildung untergehen zu lassen, werden jeweils die höchsten Stundenmittel in der Spalte MAX und die niedrigsten Stundenmittel unter MIN dargestellt. Dabei wird jedesmal die Stunde ST angegeben, in der diese Werte auftraten. Es sei ausdrücklich darauf hingewiesen, daß es sich hier um Stundenmittel handelt, die nicht identisch sind mit den Tagesextremwerten, welche mit Hilfe von Maximum- bzw. Minimumthermometern gemessen werden. Die Stundenmittel geben gegenüber den tatsächlichen Extremwerten beim Maximum einen zu niedrigen, beim Minimum einen zu hohen Wert an. Um eine Aussage über die Veränderlichkeit der Werte und somit über den Witterungsablauf zu bekommen, wird in Spalte DIF die Differenz der Tagesmittel zum Vortag angeführt. In der letzten mit MMI eingeleiteten Zeile ist die Mittelbildung der Werte in den Spalten durchgeführt. Es ergibt sich so für jeden Monat von rechts nach links das Monatsmittel, das mittlere tägliche Maximum, das mittlere tägliche Minimum und die interdiurne Veränderlichkeit.

Wieder ausgehend von der Darstellung der Stundenmittel erhält man, wenn man in der Senkrechten mittelt, die Pentadenstundenmittel. Die erste Zeile bezeichnet die Stunden von 1 bis 24, in den folgenden Zeilen stehen die Pentadenstundenmittel.

Wird von den Pentadenstundenmittelwerten weiter in der Senkrechten gemittelt, so erhält man die Monatsstundenmittel. In der letzten Zeile dieses Ergebnisblocks stehen die Jahresstundenmittel.

Da der Speicherplatz in der Datenbank des MaB-Projektes „Hohe Tauern“ beschränkt ist, sollten in der Datenbank nur

die Tagesmittelwerte, die Extremwerte, die Pentadenstundensummen und die Monatsstundensummen gespeichert werden. Das ist für die meisten Fragestellungen ausreichend.

Für geplante Simulationsexperimente der pflanzlichen Stoffproduktion werden allerdings auch die Stundenmittelwerte benötigt (DE WIT, 1970). In diesem Fall müssen die Stundenmittelwerte von einem externen Datenträger (Band, Platte) eingelesen werden.

In einem weiteren Auswerteschritt werden auf Grund von biologischen Schwellenwerten Häufigkeiten sowie die Andauer von Einzelfaktoren bzw. von Faktorenkombinationen berechnet.

Literatur

CERNUSCA, A.: Der Einsatz automatischer Datenerfassungssysteme für klimaökologische Untersuchungen im Rahmen der Produktivitätsforschung. — Photosynthetica *2*, 238—244, 1968.

— Ökophysik: Neue Wege zur quantitativen Ökologie. — Umschau *18*, 663—668, 1971.

— Zur Frage der Meßhäufigkeit von Mikroklimamessungen bei Ökosystemanalysen. — Oecologia *9*, 113—122, 1972.

— Einsatz mobiler Meßeinrichtungen in der Ökosystemforschung. In: H. ELLENBERG (ed.), Ökosystemforschung, 195—201, Springer, Berlin — Heidelberg — New York 1973.

CERNUSCA, A., CERNUSCA, G.: Ein batteriebetriebenes Meßgerät für die elektrische Registrierung von Verdunstung oder Taufall. — Zbl. ges. Forstwesen *89*, 61—74, 1972.

CERNUSCA, A., MOSER, W.: Die automatische Registrierung produktionsanalytischer Meßdaten bei Freilandversuchen auf Lochstreifen — Photosynthetica *3*, 21—27, 1969.

CERNUSCA, G.: Die photographische Meßdatenerfassung im Hinblick auf den Einsatz in einer kleinklimatischen mobilen Station. — Zbl. ges. Forstwesen *86*, 49—58, 1969.

— Die mobile Kleinstation im Sellrain, Tirol. — Zbl. ges. Forstwesen *87*, 193—252, 1970.

LARCHER, W., CERNUSCA, A., SCHMIDT, L.: Stoffproduktion und Energiebilanz in Zwergstrauchbeständen auf dem Patscherkofel bei Innsbruck. In: H. ELLENBERG (ed.), Ökosystemforschung, 175—194, Springer, Berlin — Heidelberg — New York 1973.

MONTEITH, J. L.: Survey of Instruments for Micrometeorology. — IBP Handbuch No. 22, Blackwell, Oxford 1972.

NEWBOULD, P.: Methods for Estimating the Primary Production of Forests. — IBP Handbuch No. 2, Blackwell, Oxford 1967.

Schöllmann, E.: Statistische Bearbeitung der an der Meteorologischen Station beim Forschungsreaktor München gewonnenen Meßdaten. — Wiss. Mitt. Meteor. Inst. Univ. München *14*, 42 S., 1968.

de Wit, C. T.: Dynamic concepts in biology. In: Prediction and Measurement of Photosynthetic Productivity, 17—23. Centre for Agricultural Publishing and Documentation, Wageningen 1970.